

Antti Tolonen

## **KNX-RAJAPINTA**

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikka ja liikenne

Tietotekniikka

Kevätlukukausi 2013



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Antti Tolonen	
Työn nimi KNX-rajapinta	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Ajoneuvojen tietojärjestelmät	Ohjaaja(t) Arto Partanen
	Toimeksiantaja Sensire Oy / Ossi Laakkonen
Aika 12.4.2013	Sivumäärä ja liitteet 28
<p>Insinööritöiden tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa rajapinta mikrokontrollerin ja rakennusautomaatiossa käytettävän KNX-väylän välille. Työn toimeksiantajana oli joensuulainen Sensire Oy, joka suunnittelee ja valmistaa langattomia sekä automaattisia sensoriverkkoteknologiaan perustuvia sovelluksia.</p> <p>Insinööritöissä esitellään KNX-rakennusautomaatiojärjestelmän rakennetta sekä selvitetään mahdollisuus ohjata väylää ulkoisilla sovelluksilla. Työssä käydään läpi KNX-väyläliityntämoduulin rakennetta sekä toimintaa. Työn aikana toteutettiin kehitysympäristö KNX-väylän ohjaamista varten, mikä mahdollisti rajapinnan toimivuuden testaamisen.</p> <p>Työn tuloksena selvitettiin KNX-järjestelmän rakennetta ja toimintaa sekä liityntämahdollisuuksia KNX-väylään. KNX-väylän ja mikrokontrollerin välille saatiin luotua toimiva rajapinta, joka mahdollistaa KNX-järjestelmän ohjauksen mikrokontrollerilla. Rajapintaa hyväksikäyttäen voidaan liittää KNX-väylään millaisia sovelluksia hyvänsä ilman erillistä standardointia. Näin ollen rajapinta mahdollistaa Sensire Oy:n tuotteiden liittämisen KNX-väylään.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	KNX, kiinteistöautomaatio, rajapinta, ObjectServer, mikrokontrolleri
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Antti Tolonen	
Title KNX gateway	
Optional Professional Studies Vehicle information systems	Instructor(s) Mr Arto Partanen
	Commissioned by Sensire Oy / Mr Ossi Laakkonen
Date 12 April 2013	Total Number of Pages and Appendices 28
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to design and implement the interface between the microcontroller and the building automation KNX bus. This thesis was commissioned by Sensire Oy, Joensuu, which designs and manufactures wireless sensor and automatic sensorweb-based applications.</p> <p>This thesis introduces the structure of the KNX building automation system and explores the possibility of using an external application to control the bus. The thesis also examines the KNX gateway module structure and function. During the thesis work a development environment was carried out for controlling the KNX bus facilitating testing the operation of the gateway.</p> <p>As a result of the thesis, the KNX system structure and function was studied, as well as the connectivity to the KNX bus. The gateway between the KNX bus and microcontroller was created successfully and it allows controlling the KNX bus via the microcontroller. Utilizing the gateway the KNX bus can be connected to any kind of application without standardization. Thus, the gateway allows the Sensire Oy products to be connected to the KNX bus.</p>	
Language of Thesis      Finnish	
Keywords	KNX, building automation, gateway, ObjectServer, microcontroller
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Insinööriyön aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen monessa suhteessa. Haastavuutta työhön toi aihealueen ennalta tuntemattomuus. Asiantuntevasta avusta ohjelman toteutuksessa ja ongelmatilanteiden ratkaisemisen suunnanantajana haluan kiittää Sensire Oy:n Aki Hännikäistä. Haluan myös kiittää kirjallisen osan neuvonnassa ja suunnanantajana sekä työnohjaajana toiminutta Arto Partasta. Kiitokset myös kaikille muille, jotka ovat olleet mukana työn valmiiksi saattamisessa sekä luokkatovereille tuesta ja kannustuksesta.

Antti Tolonen

Kajaani 12.4.2013

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KNX-KIIINTEISTÖAUTOMAATIO	2
2.1 KNX-standardi	2
2.2 KNX-järjestelmän rakenne	2
2.3 KNX-järjestelmän tiedonsiirtoväylät	5
2.3.1 Väyläkaapeli	5
2.3.2 Sähköverkko	9
2.3.3 Radioverkko	10
3 KNX BAOS -MODUULI	12
3.1 BAOS 820	12
3.2 Sanomarakenne	13
3.2.1 ObjectServer-protokolla	14
3.2.2 BAOS-viestikehys	15
4 KNX-RAJAPINTA	16
4.1 Suunnittelu	16
4.2 Ohjelmointityökalut	17
4.3 Kehitysympäristön rakentaminen	18
4.4 Kehitysympäristön testaus	19
4.5 Viestiliikenteen luominen mikrokontrollerilla	22
5 TYÖN TULOKSET	25
6 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28

## SYMBOLILUETTELO

ACK	(Acknowledge) Sarjaliikenteessä käytettävä kuittaustavu
BAOS	(Bus Access and ObjectServer) Standardoitu liityntämoduuli KNX-väylään
EIB	(European Installation Bus) Eräs taloautomaatioväylästandardi
EN 13321-1	Eurooppalainen standardi kiinteistöautomaatio- ja ohjausjärjestelmistä
EN 13321-2	Eurooppalainen standardi, joka käsittelee KNX-protokollan liittämistä IP-verkkoon
EN 50090	Eurooppalainen standardi koti- ja kiinteistösähköjärjestelmistä
ETS	(Engineering Tool Software) KNX-järjestelmän konfigurointiohjelma
GB/Z 20965	Kiinalainen standardi kiinteistöautomaatio- ja ohjausjärjestelmistä
GND	(Ground) Maapotentiaali
ISO/IEC 14543-3	Kansainvälinen standardi koti- ja kiinteistösähköjärjestelmistä
KNX Association	KNX-standardin hallinnointijärjestö
KNX	Kiinteistöautomaatiostandardi
LAN	(Local Area Network) Lähiverkko
OSI	(Open Systems Interconnection Reference Model) Kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa
RX	(Receiver) Vastanottolinja sarjaliikenteessä
TX	(Transmitter) Lähetytlinja sarjaliikenteessä
USB	(Universal Serial Bus) Sarjaväyläarkkitehtuuri

# 1 JOHDANTO

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella sekä toteuttaa Sensire Oy:lle tiedonsiirtorajapinta mikrokontrollerin ja KNX-taloautomaatioväylän välille. Työn toteuttamista varten rakennettiin kehitysympäristöksi pienoiskoossa oleva KNX-järjestelmä.

Sensire Oy on vuonna 2001 perustettu joensuulainen olosuhdeseurantajärjestelmiin erikoistunut yritys. Sensire Oy suunnittelee, valmistaa sekä markkinoi langattomia ja automaattisia sensoriverkkoteknologiaan perustuvia sovelluksia. Olosuhdeseurantajärjestelmiin kuuluvat myös energiatehokkuuteen liittyvät järjestelmät, jotka ovat yleisesti käytössä kiinteistöautomaatiojärjestelmissä.

Insinööriyön kirjallisessa osassa esitellään kiinteistöautomaatiossa käytettävän KNX-järjestelmän standardia, rakennetta sekä tiedonsiirtoväyliä. Työssä käydään läpi työssä käytetyn KNX BAOS -moduulin ObjectServer-protokollaa sekä tämän sisältämän KNX-pinon rakennetta ja toimintaa.

KNX-standardi on kansainvälisesti yleisesti käytössä oleva kiinteistöautomaation tiedonsiirtostandardi, johon Sensire Oy on kehittämässä omaa tuotetta. Sensire Oy:n puolesta tavoitteena oli saada tiedonsiirtorajapinta mikrokontrollerin ja KNX-väylän välille. Tiedonsiirtorajapinnan avulla voidaan ohjata KNX-väylässä olevia laitteita mikrokontrollerilla sekä lukea tietoa väylässä olevilta laitteilta. Rajapinta voidaan tämän jälkeen liittää muihin sovelluksiin, joissa tarvitaan liityntää KNX-väylään.

## 2 KNX-KIINTEISTÖAUTOMAATIO

Erilaisia kiinteistöautomaation väyläratkaisuja on käytetty jo pitkään teollisuuskiinteistöissä, joissa tarvitaan paljon ohjattavia laitteita ja antureita. Väyläratkaisuilla saadaan vähennettyä huomattavasti kaapelointien tarvetta ja lisättyä järjestelmän hallittavuutta sekä ylläpitoa. Väyläratkaisut ja kiinteistöautomaatio ovat tulossa yhä enemmän myös tavallisiin asuinrakennuksiin.

KNX on suunniteltu lähinnä asuin- ja liikekiinteistöjen ohjaukseen ja automatisointiin. KNX-järjestelmän avulla saadaan lisättyä asuin- ja liikekiinteistöjen energiatehokkuutta, käytönmukavuutta ja muunneltavuutta. KNX-järjestelmä soveltuu sekä uusiin että vanhoihin kiinteistöihin. [1.]

### 2.1 KNX-standardi

Nykyisen KNX-järjestelmän ytimen muodostaa EIB-väylätekniikka. EIB-väylätekniikka kehitettiin sähköasennusten turvallisuuteen, joustavuuteen ja mukavuuteen asetettujen vaatimusten lisääntymisen johdosta 1990-luvun alussa. KNX Association sertifioi laitteet ja takaa laitteiden yhteensopivuuden ja sen, että laitteet noudattavat standardien vaatimuksia. KNX-laitteet noudattavat seuraavia standardeja: EN 50090, EN 13321-1, EN 13321-2, ISO/IEC 14543-3 ja GB/Z 20965. Standardeilla saavutetaan saumaton yhteensopivuus eri laitevalmistajien laitteiden ja toimintojen välillä. [2.][3, s. 10.]

### 2.2 KNX-järjestelmän rakenne

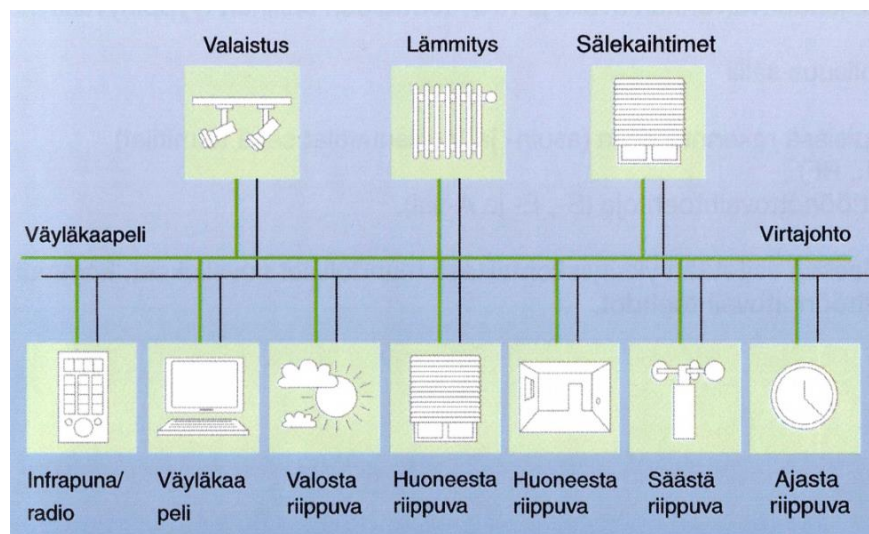
Perinteisissä sähköasennuksissa kuorma kytketään suoraan päälle kytkimen tai releen kautta. Johdotuksen tarve kytkimelle tai anturille määräytyy suoraan kuorman toiminnon mukaan. Verrattuna perinteiseen sähköasennukseen, KNX-järjestelmässä kuorma kytketään epäsuorasti. Esimerkiksi valopainikkeen painaminen lähettää tiedon siirtoväylän kautta määrättyyn toimilaitteeseen, joka kytkee kuorman päälle. Väylätekniikassa laitteet kommunikoivat keskenään ilman keskitettyä ohjainlaitetta. Kaikki käyttöliittymät eli anturit ja varsinaiset toimilait-



teet kytketään yhteiseen siirtoväylään. Siirtoväyliä on kolmea tyyppiä: parikaapeli, radiotaajuus tai sähköverkko. Siirtoväylät esitellään tarkemmin luvussa 2.3 KNX-järjestelmän tiedonsiirtoväylät. Myös valokuitu on tulossa uudeksi siirtoväyläksi KNX-laitteissa. Valokuidun etuna on suuri tiedonsiirtokapasiteetti, jota tarvitaan audio- ja videolaitteissa. [3, s. 9.]

Kaikki järjestelmän toimilaitteet liitetään tiedonsiirtoväylään erillisen ohjelmiston avulla. Ohjelmistolla määritellään laitteiden väyläosoitteet ja toiminnallisuudet. Järjestelmän konfigurointi voidaan suorittaa esimerkiksi ETS-ohjelman avulla. Toimilaitteissa on myös ohjelmointipainike, jonka avulla laite voidaan liittää järjestelmään. Ohjelmointipainikkeen avulla liitettäessä laite ottaa käyttöönsä seuraavan vapaan laiteosoitteen väylästä. [3, s. 9.]

Kuvassa 1 on esitetty esimerkki rakennuksen valaistuksen ja lämmityksen automatisoinnista KNX-järjestelmän avulla. Rakennuksen valaistusta ja lämmitystä säädelään automaattisesti antureilta saatavan tiedon perusteella. Rakennuksen KNX-järjestelmään on kytketty sääasema, joka mittaa ulkona vallitsevia olosuhteita, kuten valoisuutta, lämpötilaa ja tuulennopeutta. Huoneistoihin on asennettu valoisuus- ja lämpötilatunnistimet.



Kuva 1. Esimerkki KNX-järjestelmästä [3, s.9].

Esimerkiksi jos aurinko alkaa paistaa huoneeseen, voidaan sälekaihtimia laskea automaattisesti tai huoneen valaisimet sammutetaan tai himmennetään. Lämmitystä voidaan säädellä automaattisesti ja huonekohtaisesti huoneen lämpötilatunnistimen sekä ulkona vallitsevien sääolosuhteiden perusteella. Järjestelmää voidaan käyttää myös ajastetusti tai kauko-ohjatusti. Esimerkiksi valaistusta ja sälekaihtimia voidaan ohjata kauko-ohjaimella ja ajastustoimintoa voidaan käyttää ulkovalojen ja sälekaihtimien ohjaukseen, jolloin ulkovalot sammutetaan ja

sälekaihtimet lasketaan yöksi. Huonelämpötilan ajastetulla toiminnalla voidaan laskea huonelämpötilaa päivällä automaattisesti.

Integroimalla rakennuksen lukitusjärjestelmä KNX-järjestelmään saavutetaan lisämukavuutta ja turvallisuutta. Rakennuksesta poistuttaessa ovien lukituksen yhteydessä voidaan katkaista tietyistä pistorasioista virta, jolloin esimerkiksi kahvinkeitin ei voi jäädä vahingossa päälle. Rakennuksen turvallisuutta saadaan lisättyä liittämällä järjestelmään palonvalvonta, murtohälytin ja vesivuotovalvonta. KNX-järjestelmällä voidaan luoda rakennukselle läsnäolosimulointi, jolloin rakennus näyttää asutulta, vaikka asukkaat olisivat poissa. Läsnäolosimuloinnissa voidaan esimerkiksi sytyttää valoja ajastetusti eri huoneissa ja sälekaihtimia liikuttaa päivän aikana. Näin saadaan rakennus näyttämään siltä, että asukkaat olisivat paikalla. Läsnäolosimulaatio vähentää huomattavasti asuntomurron mahdollisuutta. [3, s. 19.]

Rakennuksen automatisoinnilla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä rakennuksen energiankulutuksessa. KNX-järjestelmää voidaan hallita joko ohjauspaneelilla, jotka asennetaan seinään, tietokoneella, tai etähallintana mobiililaitteella, kuten matkapuhelimella. Merkittävänä etuna KNX-järjestelmässä verrattuna perinteiseen sähköjärjestelmään on rakennuksen reaaliaikainen valvonta. KNX-järjestelmä kykenee kirjaamaan ja visualisoimaan kaikkien siihen kytkettyjen laitteiden tilat. Rakennuksissa voidaan seurata ja tallentaa mm. seuraavanlaisia tietoja:

- Valaistuksen kytkentätila
- Lamppujen käyttöaika
- Ovien, ikkunoiden ja porttien asento
- Hälytysjärjestelmän tila
- Sälekaihtimien, aurinkosuojien ja markiisien asento
- Huone- ja ulkolämpötila
- Lämmitys- ja ilmastointiteknologian käyttötilat ja häiriösignaalit
- Jääkaappien ja pakastimien käyttötilat

- Hissien häiriösignaalit
- Nesteen pinnan arvot ja vuotoilmoitus
- Kaasun-, öljyn-, sähkön- ja vedenkulutuksen mittarilukemat
- Sekä muut laitteiden tukemat käyttötiedot

[3, s. 19.]

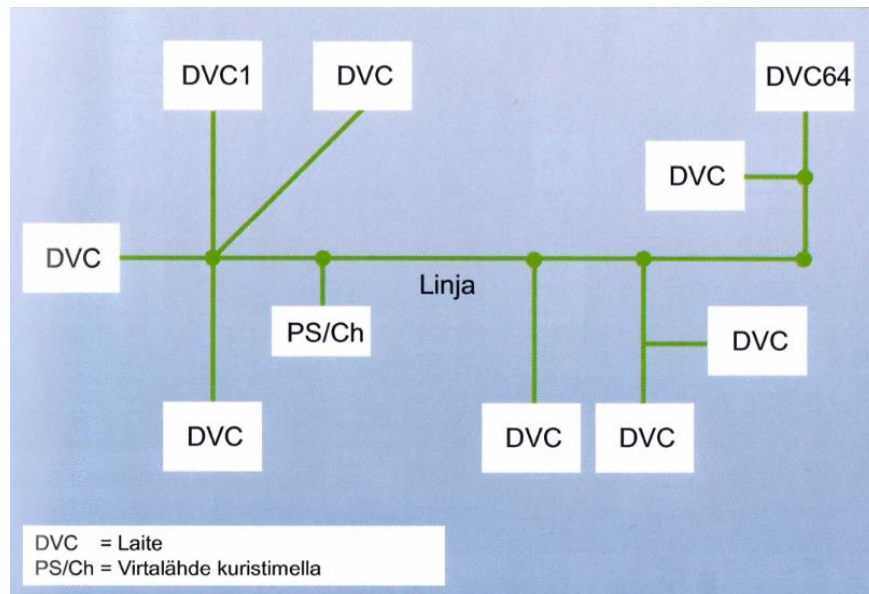
Kerätyistä tiedoista voidaan tallentaa lokia, josta voidaan luoda esimerkiksi rakennuksen energiankulutuksen kehitys kuukausi- tai vuositasolla. Isoissa rakennuksissa tällaisella järjestelmällä saavutetaan merkittäviä etuja energiankulutuksessa sekä rakennuksen hallinnassa ja valvonnassa.

### 2.3 KNX-järjestelmän tiedonsiirtoväylät

KNX-järjestelmässä tiedonsiirto laitteiden välillä voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla. Tiedonsiirto voi tapahtua väyläkaapelin kautta, sähköverkon kautta tai radioverkon kautta. Väyläkaapelin ja sähköverkon kautta toteutettavassa tiedonsiirrossa käytetään laitteiden välillä hierarkkista rakennetta. KNX-järjestelmän topologia on hierarkkinen rakenne, jossa käytetään linjoja ja alueita. Radioverkossa laitteita ei tarvitse asettaa minkäänlaiseen hierarkkiseen järjestykseen. Uudeksi tiedonsiirtoväyläksi on tulossa myös valokuitu, ja tämän tiedonsiirtoväylän rakenne tulee olemaan samankaltainen kuin väyläkaapelin. Valokuitua tiedonsiirtoväylänä ei tässä työssä esitellä tarkemmin. [3, s. 25.]

#### 2.3.1 Väyläkaapeli

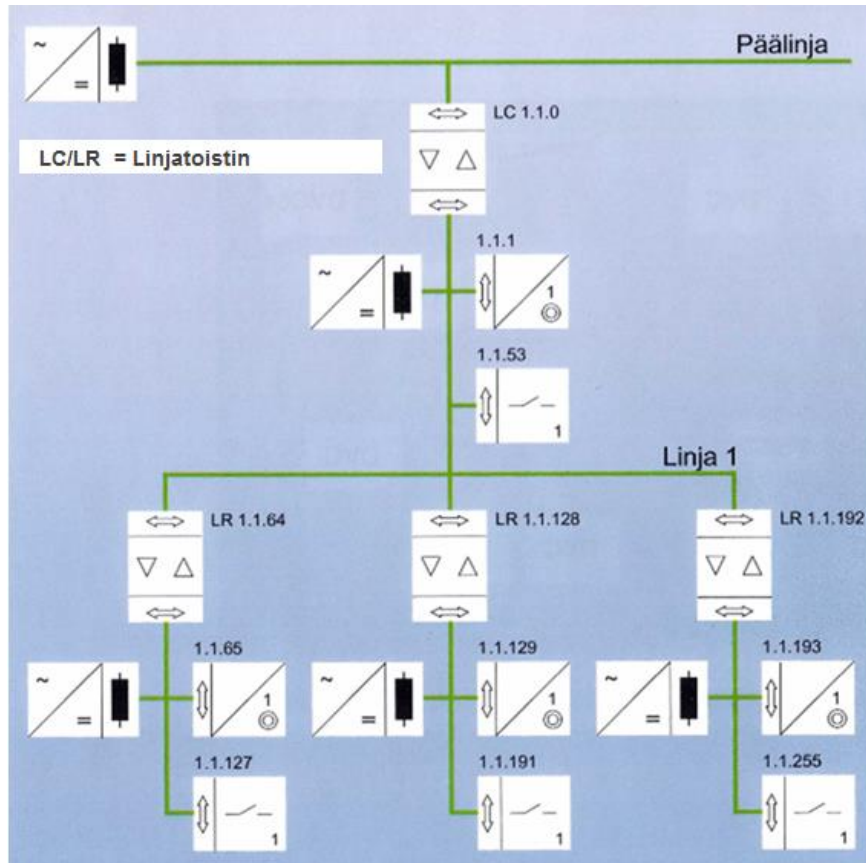
Väyläkaapelityyppisessä tiedonsiirtoväylässä laitteet kytketään toisiinsa kierretyllä parikaapelilla. Väyläkaapelimallissa pienin asennusyksikkö on linja. Linja muodostuu enintään neljästä linjasegmentistä, ja yhteen linjaan voidaan liittää maksimissaan 64 laitetta. Jokaisessa linjassa on oltava vähintään yksi virtalähde, josta laitteet saavat käyttövirran. Kuvassa 2 on esitetty linjarakenteen periaate. [3, s. 25.]



Kuva 2. Linjarakenteen periaate [3, s. 25.].

Samaan linjaan kytkettyjen laitteiden määrä riippuu laitteiden virrankulutuksesta ja virtalähteestä. Virtalähde on valittava siten, että linjassa olevien laitteiden yhteinen virrankulutus on pienempi kuin virtalähteen tuottama virta. [3, s. 26.]

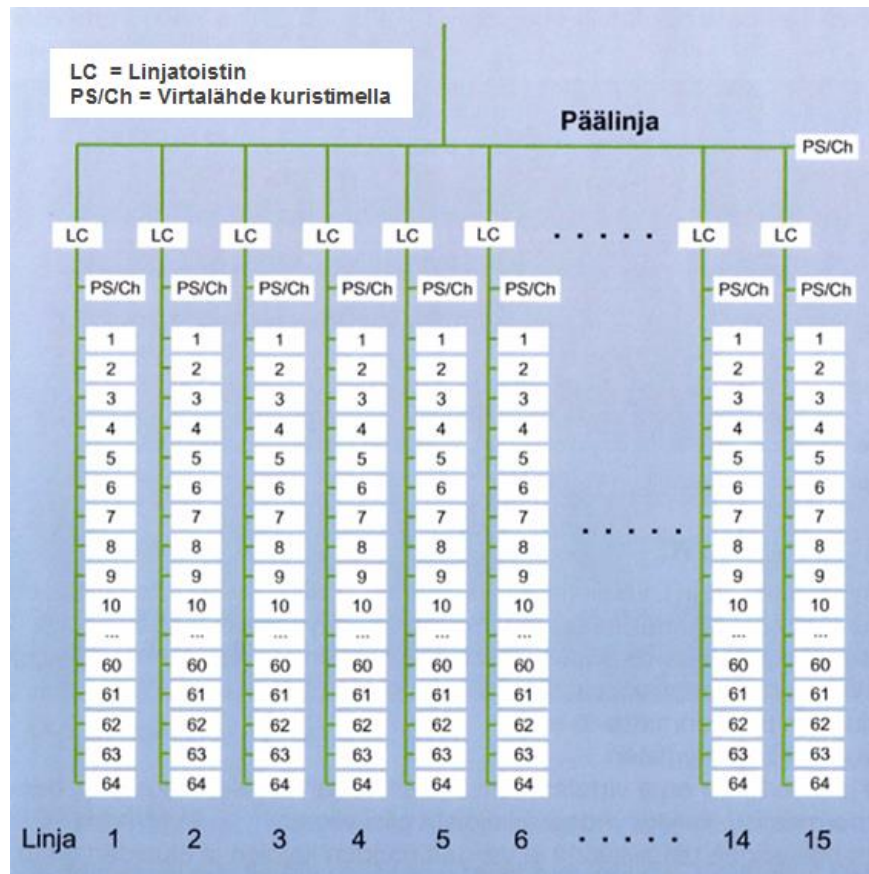
Linja voidaan laajentaa linjasegmentiksi linjatoistimella. Linjaan voidaan kytkeä rinnan enintään kolme linjatoistinta. Kuvassa 3 on esitetty linjan maksimilaajennus linjatoistimilla. [3, s. 26.]



Kuva 3. Linjan maksimilaajennus linjatoistimilla [3, s. 26.]

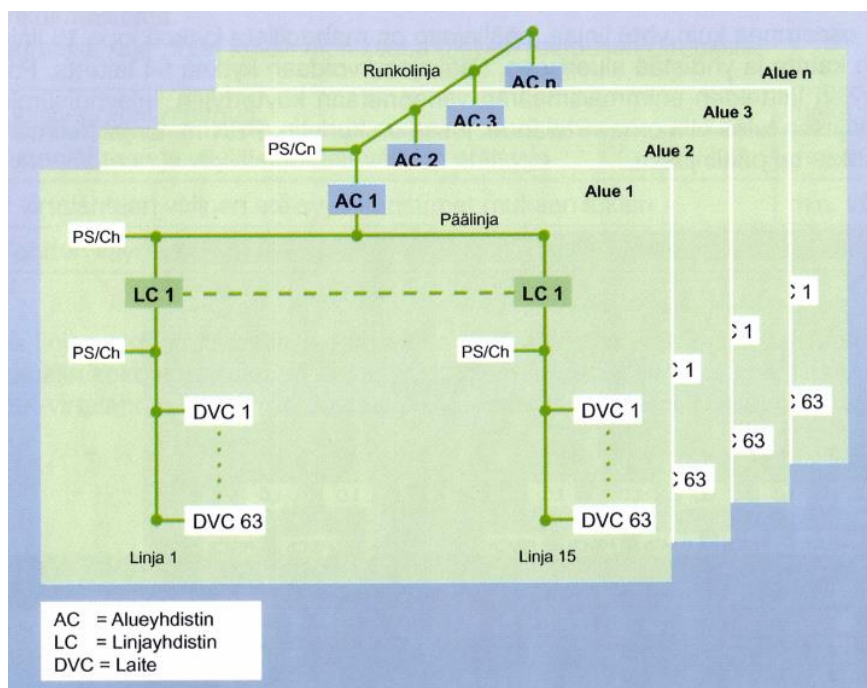
Jokaisessa linjatoistimella laajennetussa linjassa tulee olla myös oma virtalähde. Linjatoistimilla saadaan linjan laitemäärää kasvatettua 256 laitteeseen. [3, s. 26.]

Käytettäessä useampaa kuin yhtä linjaa muodostetaan päälinja, joka muodostaa alueen. Samoin kuin linjaan, voidaan päälinjaan liittää 64 laitetta. Päälinjassa tulee olla oma virtalähde. Päälinjaan voidaan kytkeä enimmillään 15 linjaa linjayhdistimen kautta. Jokainen linjayhdistin käyttää yhden laitepaikan päälinjasta. Jos päälinjaan on kytketty 15 linjaa linjayhdistimellä, voidaan päälinjaan kytkeä enää 49 laitetta. Linjatoistimia ei saa käyttää enää päälinjassa. Kuvasssa 4 on esitetty päälinjalla muodostettu alue 15 linjasta. [3, s. 27.]



Kuva 4. Alue muodostettuna 15 linjasta [3, s. 27].

Useita alueita voidaan laajentaa liittämällä alueet alueyhdistimillä runkolinjaan. Myös runkolinjan tulee olla varustettuna omalla virtalähteellä. Runkolinjaan voidaan myös liittää suoraan laitteita, mutta niiden määrää on vähennettävä käytettyjen alueyhdistimien määrällä. Runkolinjaan voidaan liittää enimmillään 15 aluetta. Käyttämällä tällaista rakennetta järjestelmään voidaan liittää yli 58000 laitetta. Kuvassa 5 on esitetty 15 alueesta muodostettu runkolinja. [3, s. 27.]



Kuva 5. Runkolinja muodostettuna 15 alueesta [3, s. 28].

Käytännössä alueyhdistimet, linjayhdistimet ja linjatoistimet ovat identtisiä laitteita. Näiden laitteiden yksilölliset toiminnallisuudet määritellään järjestelmän konfigurointivaiheessa. [3, s. 28.]

Suurissa kokonaisuuksissa jaolla alueisiin ja linjoihin parannetaan järjestelmän luotettavuutta. Erillisten virtalähteiden ansiosta jokainen linja ja alue on galvaanisesti eristetty. Tämän vuoksi linjat ja alueet voivat toimia itsenäisesti riippumatta toisten linjojen tai alueiden toiminnasta. Vikatilanteissa lamaantuu vain se järjestelmän osa, minkä virtalähteen alaisuudessa laitteet toimivat.

### 2.3.2 Sähköverkko

KNX-järjestelmässä rakennuksen oma 230 V:n sähköverkko voi toimia tiedonsiirtoväylänä laitteiden välillä. Tällöin on käytettävä Powerline KNX -laitteita, jotka on suunniteltu kytkettäväksi suoraan rakennuksen sähköverkkoon ilman erillisiä tiedonsiirtoväyliä. Powerline KNX -laitteissa tiedonsiirto tapahtuu taajuuskaistan avulla sähköverkon ylitse. Sähköverkossa toteutettavan tiedonsiirron topologia on samankaltainen kuin väyläkaapelitiedonsiirrossa. Tässä työssä ei esitellä sähköverkon ylitse tapahtuvaa tiedonsiirtoa perusteellisemmin, koska

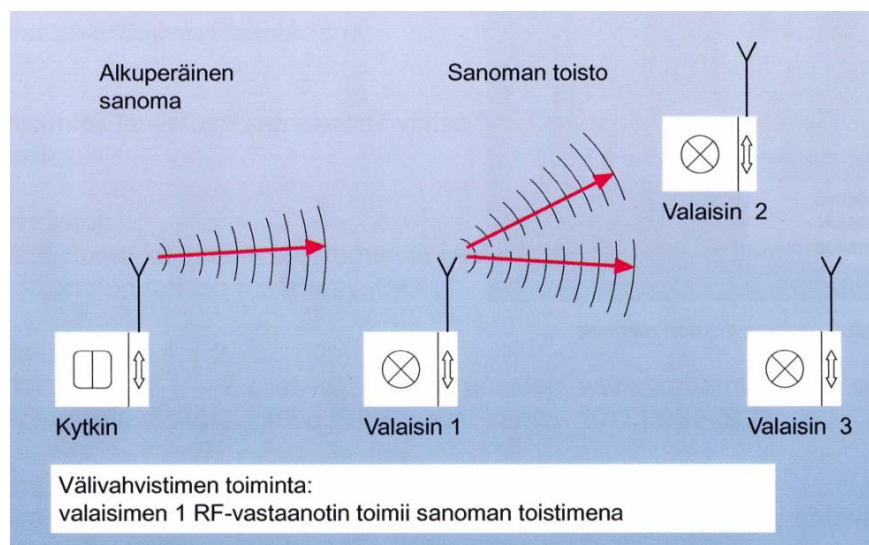


tämä tekniikka ei ole yleisesti käytössä Suomessa. Sähköverkon kautta tapahtuva tiedonsiirto on laajemmin käytössä vain Saksassa. [3, s. 34.]

### 2.3.3 Radioverkko

Radioverkossa toimivia KNX-laitteita ei tarvitse asentaa minkäänlaiseen hierarkkiseen järjestykseen. Laitteet voidaan asentaa mihin paikkaan tahansa rakennuksessa, ottaen kuitenkin huomioon radiosignaalin kantaman. Radioverkossa kaikki kantaman sisällä olevat laitteet kommunikoivat keskenään. Tämän vuoksi muihin läheisyydessä oleviin KNX-radioverkkoihin asennetut laitteet voivat vastaanottaa sanomia. KNX-radiolähettimet lähettävät sarjanumeronsa laitetunnusena osaksi sanomaa. Tällä menettelyllä saadaan suljettua keskinäisvaikutukset pois järjestelmästä. [3, s. 40.]

Vastaanottimet ja lähettimet paritetaan eli kytketään toisiinsa, jolloin vain paritetut laitteet kuuntelevat toistensa sanomia. Tiedonsiirtoväylä voi koostua pelkästä radioverkosta tai radioverkon ja jonkin muun siirtotien yhdistelmästä. Tiedonsiirtoväylän voi muodostaa esimerkiksi kierretyllä parikaapelilla ja radioverkolla, tällöin siirtoväylää kutsutaan sekaverkoksi. Sekaverkko toteutetaan käyttämällä mediakytkimiä. Mediakytkimet toimivat erityyppisten siirtoteiden välisinä rajapintoina, ja ne lähettävät sanomia toisessa siirtotiessä olevista laitteista toisessa siirtotiessä oleville laitteille. [3, s. 40.]



Kuva 6. Välivahvistimen toiminta radioverkossa [3, s. 40].



Rakenteelliset olosuhteet, kuten seinät, katot ja huonekalut, rajoittavat radiosignaalien kantomatkaa rakennuksessa. Kantomatkaa voidaan kuitenkin lisätä välivahvistimilla. Välivahvistimien ansiosta signaaleja voidaan siirtää useiden seinien tai kerrosten läpi. Kuvassa 6 on esitetty periaate, kuinka jokin laite voi toimia välivahvistimenä radioverkossa. [3, s. 40.]

### 3 KNX BAOS -MODUULI

BAOS-moduuli tarjoaa liittymän KNX-väylään USB:n, IP-protokollan tai asynkronisen sarjaliikenteen kautta. Tässä työssä perehdytään ainoastaan sarjaväylätyyppiseen BAOS-moduuliin. Lyhenne BAOS tulee sanoista Bus Access ja ObjectServer, jossa Bus Access tarkoittaa väyläliityntää ja ObjectServer kohdepalvelinta. BAOS-moduulin tarkoituksena on tarjota liittymä KNX-väylään ilman KNX-viestirakenteen tuntemista. [4.]

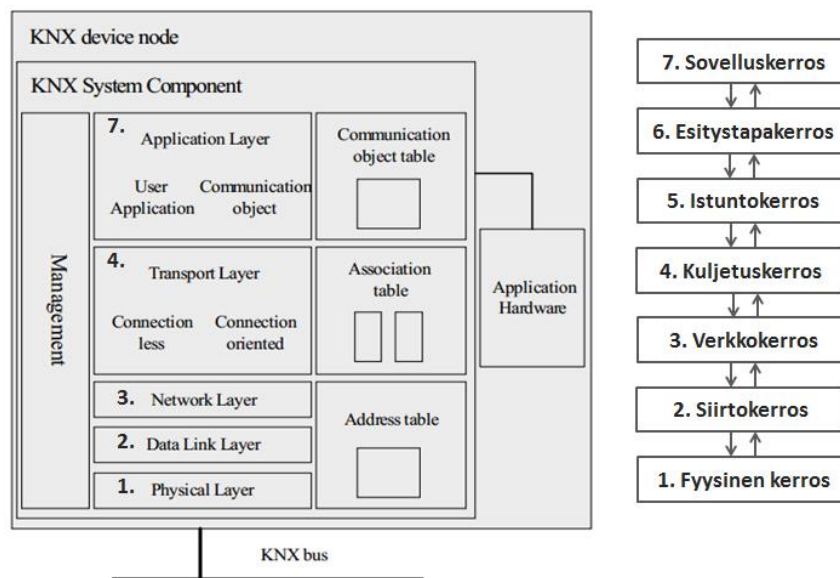
#### 3.1 BAOS 820

BAOS 820 -moduuli on saksalaisen Weinzierl Engineering GmbH suunnittelema sarjaliikenneliityntämoduuli KNX-väylään. Moduuli on hyvin pienikokoinen, vain 44 mm x 25 mm x 7 mm, koska moduuli on suunniteltu integroitavaksi KNX-väylään liitettävän laitteen sisälle. Moduulin käyttöjännite on joko 3,3 VDC tai 5 VDC. Moduuli on galvaanisesti erotettu KNX-väylästä. Galvaanisen erotuksen vuoksi vikaantumistilanteessa moduuli ei häiritse KNX-väylän toimintaa. Kommunikointi moduulin kanssa tapahtuu asynkronisen sarjaliikenteen välityksellä. Moduulin sarjaliikenne käyttää FT 1.2 sarjaprotokollaa, joka esitellään tarkemmin luvussa 3.2. [5.]

BAOS 820 -moduuli pitää sisällään KNX-viestiliikenteen perustan eli KNX-pinon, joka perustuu OSI-malliin. Jokaisesta KNX-laitteesta löytyy KNX-pino, jota ylläpitää laitteen sisällä oleva mikroprosessori. Mikroprosessori hoitaa laitteiden välistä viestiliikennettä KNX-väylän välityksellä OSI-mallin mukaisesti. Sarjaliikenteen ulkoiselle ohjaavalle laitteelle hoitaa myös moduulin mikroprosessori. [6.]

KNX-pino on toteutettu OSI-mallin mukaisesti ja sisältää viisi OSI-mallin kerrosta. Kuvassa 7 kuvataan lohkokaaaviona KNX-laitteen (KNX device node) sisäistä rakennetta, tässä tapauksessa BAOS 820 -moduulia. Kuvassa oikealla on nähtävillä perinteinen OSI-malli, josta käy ilmi, miten OSI-kerrokset sijoittuvat lohkokaavioon. Laitteen sisällä olevaa mikroprosessoria kuvastaa KNX-järjestelmäosa (KNX System Component), jonka sisällä järjestelmän ohjelmaa suoritetaan. Fyysisen kerroksen (Physical Layer) tehtävä on hoitaa viestiliikennettä KNX-väylään (KNX Bus). Siirtoyhteyskerros (Data Link Layer) vertailee saapuvien sanomien osoitteita osoitetaulukkoon (Address table). Siirtoyhteyskerros lähettää viestin ylemmälle

kerrokselle vain, jos osoite täsmää jonkin osoitetaulukossa olevan osoitteen kanssa. Verkko-kerros (Network Layer) tutkii onko, sanoma yhteydetön vai yhteydellinen. Tutkinnan perusteella verkkokerros aktivoi kuljetuskerroksen (Transport Layer) yhteydettömän (Connection-less) tai yhteydellisen (Connection-oriented) osan. Yhteydettömässä osassa kuljetuskerrosta ryhmäsanomaa yhdistetään kommunikaatiokohde (Communication object) osioon sovelluskerroksessa (Application Layer) yhteystaulukon (Association table) mukaisesti. Sovelluskerroksen käyttäjäsovellus-osio (User Application) pitää sisällään KNX-laitteen toiminnallisuuden. Käyttäjäsovellusosio on yhteydessä kommunikaatiokohdeosioon (Communication object) ja laitteistoon (Application Hardware). Kommunikaatiokohdetaulukko (Communication object table) sisältää niiden KNX-väylässä olevien laitteiden ominaisuudet, joihin laite on liitetty väylän konfigurointivaiheessa. Lähetettäessä sanomaa väylään käsitellään sanomaa kerros kerrokselta mutta alaspäin. Hallinnointilohko (Management) hallinnoi KNX-laitteen automaatiotasoa, jota ei tässä työssä selitetä tarkemmin.[6.]



Kuva 7. KNX-pinon lohkokaaavio verrattuna perinteiseen OSI-malliin [6].

### 3.2 Sanomarakenne

Kommunikointi BAOS 820 -moduulin kanssa tapahtuu asynkronisen sarjaliikenteen välityksellä. Moduulin asynkronisen sarjaliikenne käyttää FT 1.2 -protokollan mukaista viestikehystä. FT 1.2 -viestiprotokolla perustuu kansainvälisiin standardeihin IEC 870-5-1 ja IEC 870-5-

2 (DIN 19244). Viestikehys FT 1.2 -protokollassa on määritelty siten, että siinä on 8 databittiä, yksi stop-bitti ja parillinen pariteettibitti. BAOS 820 -moduuli voidaan määritellä käyttämään joko 19200 Baudin tai 115200 Baudin nopeutta viestiliikenteessä. Välitettävä data lähetetään käyttäen ObjectServer-protokollaa, joka on esitelty tarkemmin luvussa 3.2.1. [4.]

### 3.2.1 ObjectServer-protokolla

ObjectServer-protokolla on määritelty saavuttamaan täysi toiminnallisuus pienimmissäkin sulautetuissa järjestelmissä. ObjectServer-protokollaa voidaan käyttää myös järjestelmissä, joiden siirtoväylässä on pieni kaistanleveys. Näiden asioiden vuoksi protokolla on pidetty hyvin minimaalisena, joten siinä ei ole yhteydenhallintaa. Tämän vuoksi on hyvin suositeltavaa sisällyttää ObjectServer-protokolla jo olemassa olevaan siirtoprotokollaan, esimerkiksi FT 1.2 -siirtoprotokollaan tai IP-protokollaan. BAOS ObjectServer-protokolla on määritelty seuraavanlaisille palveluille:

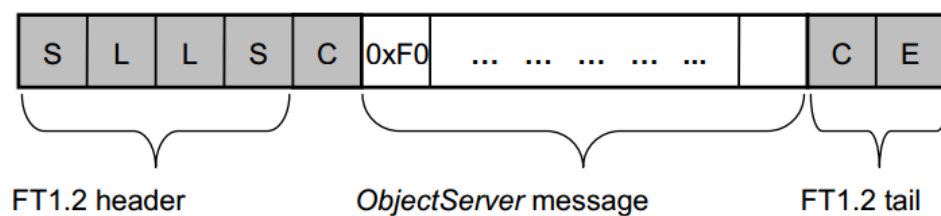
- GetServerItem.Req/Res
- SetServerItem.Req/Res
- GetDatapointDescription.Req/Res
- GetDescriptionString.Req/Res
- GetDatapointValue.Req/Res
- DatapointValue.Ind
- SetDatapointValue.Req/Res
- GetParameterByte.Req/Res
- GetDatapointDescription2.Req/Res

Kaikilla palveluilla DatapoinValue.Ind -palvelua lukuun ottamatta on sekä lähetys- että vastaus-viestikehykset. DatapoinValue.Ind -palvelulla on vain ilmoitusviestikehys. Jokainen Objectserver-protokollan viestikehys sisältää aina aloitustavun, joka on jokaisessa viestissä sama

huolimatta siitä, mistä viesti on lähetetty. Viestikehys sisältää lisäksi palvelutunnuksen, joka kertoo, minkä palvelun viestikehys on. [4.]

### 3.2.2 BAOS-viestikehys

BAOS-moduulin käyttämä viestikehys koostuu ObjectServer- ja FT 1.2 -viestikehyksistä. ObjectServer-protokollan sisällyttäminen FT 1.2 -protokolla on hyvin yksinkertaista. ObjectServer-viestikehys liitetään FT 1.2 -viestikehyksen datakenttään, aivan kuten mikä tahansa viesti, joka lähetetään FT 1.2 -protokollan mukaisessa viestikehyksessä. Kuvassa 8 ilmenee, kuinka viestikehykset yhdistetään. [4.]



Kuva 8. ObjectServer-protokollan sisällyttäminen FT 1.2 -protokolla [4.].

Kuvassa 8 S on headertunnus, L on viestin pituus mukaan lukien ohjaintavu C. Kehyksen lopussa on tarkistussumma C sekä lopetustavu E.

## 4 KNX-RAJAPINTA

### 4.1 Suunnittelu

KNX-rajapintatyön suunnittelu alkoi lokakuussa 2012, jolloin työn aihe päätettiin. Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin KNX-järjestelmään yleisesti. KNX-järjestelmään tutustuessa kartoitettiin, millaisia liityntämahdollisuuksia sekä sovelluksia oli saatavilla.

Työssä oli tarkoitus käyttää valmista liityntämoduulia, jolla voidaan liittyä KNX-väylään. Valmista moduulia käytetään, koska moduulit ovat valmiiksi sertifioituja. Ilman valmiiksi sertifioitua laitetta jouduttaisiin liitettävä laite sertifioimaan erikseen, mikä tulee tässä tapauksessa kohtuuttoman kalliiksi ja aikaa vieväksi. Työn tilaajan toimesta oli jo löydetty kaksi mahdollisesti työhön sopivaa KNX-liityntämoduulia. Näiden kahden moduulin lisäksi selvitettiin, onko markkinoilla muita sopivia vaihtoehtoja. Sopivan liityntämoduulin ehtoina oli sarjaliikenneohjaus, riittävä ohjattavien laitteiden määrä sekä moduulin fyysinen koko. Markkinoilta löytyi muitakin liityntämoduuleita näiden kahden ennalta löydetyn moduulin lisäksi. Ne eivät kuitenkaan täyttäneet kaikkia vaatimuksia, jotka moduulille oli asetettu. Moduulien ominaisuuksia tutkimalla selvitettiin, kumpi sopisi paremmin tässä työssä käytettäväksi. Ominaisuuksissa ei ilmennyt suuria eroja, jotka olisivat vaikuttaneet valintaan. Ratkaisevaksi tekijäksi moduulin valinnassa nousi hinta, koska KNX BAOS -moduuli oli lähes kolme kertaa halvempi kuin verrattava moduuli.

Työssä käytettävä mikrokontrolleri oli valittu työn tilaajan toimesta. Valittu mikrokontrolleri oli PIC32-perheeseen kuuluva kontrolleri. Mikrokontrolleri tilattiin starterkitinä, jolloin kontrolleri on heti käyttövalmis ilman oheiselektroniikan rakentamista. PIC32-starterkitissä ei ole ulkoisia liityntöjä, mikä vaikeuttaa sen kytkemistä BAOS-moduuliin. Starterkiteille on olemassa laajennuskortteja, joiden avulla kontrolleriin voidaan liittää muita laitteita. Sopivan laajennuskortin etsintä alkoi. Laajennuskortin valinta oli erittäin helppo, koska sopivia vaihtoehtoja löytyi vain yksi. Laajennuskortiksi löytyi Microchipin PIC32 starterkit I/O expansion board. Laajennuskortissa kaikki mikrokontrollerin pinnit on liitetty kortilla oleville piikkirimoille. Kortilta on myös saatavilla ulkoisille laitteille tarvittaessa +3,3 V:n ja +5 V:n käyttöjännitteet, jotka tulevat starterkitiltä. Laajennuskortti laitettiin tilaukseen marraskuussa, samaan aikaan tilattiin myös BAOS-moduuli.

Tilattuja osia odotellessa oli aikaa tutustua BAOS-moduuliin tarkemmin. Valmistajan internetsivuilla on saatavana kaikki moduuliin liittyvä materiaali. Tässä vaiheessa kiinnosti lähinnä moduulin käyttämä viestiprotokolla (ObjectServer-protokolla). Alkuvaiheessa protokolla vaikutti hyvin monimutkaiselta, mutta syvällisemmän tutkinnan myötä toimintaperiaate alkoi seljetä. Ohjelmoinnin aloittamisen helpottamiseksi kirjattiin sellaisia seikkoja, joita tulevalta ohjelmalta edellytettiin, esimerkiksi viestirakenne.

## 4.2 Ohjelmointityökalut

Käytettävissä oleva mikrokontrolleri on Microchipin PIC32-perheeseen kuuluva kontrolleri. PIC-mikrokontrollereille on valittavissa lukuisia ohjelmointityökaluja niiden yleisyyden vuoksi. Ohjelmointityökalun valintaan vaikuttavia tekijöitä olivat hinta ja ohjelmiston käytöntuki.

Ohjelmointityökaluksi valittiin Microchipin MBLAB X IDE -ohjelma ja XC32-kääntäjä. MBLAB X -ohjelma on ilmainen ja on ladattavissa Microchipin internetsivuilta. XC32-kääntäjä on maksullinen ohjelma, mutta saatavilla on ilmainen kokeiluversio. Kokeiluversio on ladattavissa valmistajan internetsivuilta. Kääntäjän kokeiluversiossa on tiettyjä käyttöön liittyviä rajoituksia, jotka eivät kuitenkaan haitanneet tämän työn suorittamista. Valmistajan internetsivuilta löytyy MBLAB-ohjelmalle kattava tukisivusto ja käyttöohjeet.

Työn toteutusta varten tilattiin Microchipin PIC32-starterkit-kehitysalusta. PIC32-starterkit sisältää mikrokontrollerin, piirinohjelmoin ja debuggerin. Kehitysalustassa on kolme kytkintä ja lediä, jotka on liitetty mikrokontrollerin I/O-porttiin. Kytkimiä ja ledejä voidaan käyttää esimerkiksi testauksessa ja debuggauksessa. Kehitysalusta ottaa käyttöjännitteen kortin ohjelmointiin käytettävästä USB-kaapelista. I/O-porttien ulkoisten liityntöjen puutteen vuoksi kehitysalustaan oli hankittava I/O-laajennuskortti. I/O-laajennuskortti tilattiin samalla starterkitin kanssa. Laajennuskortissa kaikki mikrokontrollerin pinnit on kytketty pükkiri-moille. Laajennuskortti helpottaa huomattavasti kontrollerin porttien käyttöä. Kortit liitetään toisiinsa korteissa olevilla 132-pinnisillä liittimillä.

Ohjelmointityökaluihin tutustumiseen ja niiden testaamiseen oli hyvin aikaa, koska muut työhön tarvittavat laitteet eivät olleet vielä käytettävissä. PIC-ohjelmoinnin vähäisen kokemuksen vuoksi testaus alkoi starterkitiin saatavien esimerkkiohjelmien tutkimisella. I/O-porttien käytön opettelussa auttoi huomattavasti starterkitillä olevat ledit ja kytkimet. Opette-

lu eteni pieni osa kerrallaan ja useiden esimerkkiohjelmien osien yhdistelemisellä. Koska sarjaliikenne on suuressa osassa tässä työssä, on sitä hyvä testata ennen BAOS-moduulin saapumista. Sarjaliikennettä oli helppo testata liittämällä mikrokontrolleri tietokoneen sarjaporttiin.

#### 4.3 Kehitysympäristön rakentaminen

KNX-rajapinnan testauksen helpottamiseksi rakennettiin kehitysympäristö. Kehitysympäristö koostuu KNX-verkosta, BAOS-moduulista ja mikrokontrollerikehitysalustasta. Kehitysympäristön rakentaminen alkoi tutustumalla käytettävissä oleviin KNX-laitteisiin. Käytössä oli työn tilaajalta saatu laitekisko, johon oli rakennettu pienimuotoinen KNX-järjestelmä. Järjestelmä koostuu virtalähteestä, kolmiosaisesta kytkinyksiköstä, kosteusanturista, 4-osaisesta painikeryhmästä ja LAN-sovittimesta. LAN-sovitin on KNX-järjestelmän konfigurointia varten. Järjestelmään oli valmiiksi konfiguroitu kaikki sen sisältämät laitteet ja niiden toiminnallisuudet. Painikeryhmän painikkeilla voidaan ohjata kytkinyksikön koskettimia. Kosteusanturi mittaa ilmakeuhetta, ja sen arvot voidaan lukea väylästä.

Seuraavana vaiheena kehitysympäristön rakentamisessa oli KNX BAOS -moduulin liittäminen KNX-järjestelmään. Viestiyhteytenä tässä järjestelmässä käytettiin kierrettyä parikaapelia. Järjestelmän kaikki laitteet on kytketty rinnakkain kierretyllä parikaapeleilla. Koska järjestelmä on hyvin suppea, voidaan BAOS-moduuli kytkeä jonkin laitteen väyläterminaaleihin. Tässä tapauksessa BAOS-moduulin väyläterminaalit kytkettiin parikaapelilla LAN-rajapintamoduulin väyläterminaaleihin. Jos väylä olisi rakennettu hierarkkisen rakenteen mukaisesti, tulisi miettiä tarkemmin, mihin kohtaan väylärakennetta laite kytkettäisiin.

Seuraavana vaiheena oli BAOS-moduulin ja mikrokontrollerin kytkeminen yhteen. Mikrokontrollerikehitysalustasta otettiin käyttöön yksi asynkronisen sarjaliikenteen portti BAOS-viestiliikennettä varten. Sarjaliikenne tarvitsee ainoastaan kolme johdinta toimiakseen, koska viestintä on asynkronista. Mikrokontrollerin sarjaportista kytketään ainoastaan RX-, TX- ja GND-linjat BAOS-moduulin vastaaviin liityntöihin. Laittevalmistajilla on eri periaatteet siitä, miten ne merkitsevät RX- ja TX-linjat laitteisiin. Tästä johtuen täytyi tarkistaa yleismittarilla, miten päin linjat kytketään, jotta ne tulisivat oikein päin. Väärinpäin kytketyt linjat saattavat joissain tapauksissa vaurioittaa laitteen sarjaliikenneporttia. Sarjaliikenteen alustusten jälkeen mitataan molemmista laitteista RX- ja TX-linjojen linjatasot. Mikrokontrollerissa TX-pinni



on aina alustuksen jälkeen ylhäällä eli noin kolme voltia ja RX-pinni nollassa. Mittaus toistetaan samalla menetelmällä BAOS-moduulille. Näin saadaan selvitettyä, kummin päin linjat kytketään yhteen. BAOS-moduulin linja, joka on ylhäällä, kytketään mikrokontrollerin RX-linjaan, joka on nollassa. Mikrokontrollerin TX-linja kytketään BAOS-moduulin vapaaksi jääneeseen linjaan, joka tässä vaiheessa oletusarvoisesti on RX-linja. Sarjaväylän GND-linjat kytketään vain yhteen. BAOS-moduulille käyttöjännitteet kytkettiin mikrokontrollerin I/O-laajennuskortilta, josta oli saatavilla +5 V:n ja +3 V:n jännitteet. Tällöin BAOS-moduuli ei tarvitse omaa jännitelähdettä.

#### 4.4 Kehitysympäristön testaus

Ennen varsinaisen viestiliikenteen toteuttamista testattiin kehitysympäristön toiminta. Kehitysympäristön testaus alkoi BAOS-moduulin testauksella. Ensimmäinen viesti, joka tulee lähettää moduulille, käyttöjännitteiden kytkemisen jälkeen, on aina reset- viesti. Käytännössä reset alustaa moduulin valmiiksi viestiliikennettä varten. Reset ei vaikuta moduuliin asetettuihin parametreihin. Parametrejä voidaan muokata vain ETS-ohjelmalla KNX-väylän kautta. Moduulin toiminta testattiin lähettämällä moduulille reset- viesti mikrokontrollerilla. Moduuli vastaa reset- viestiin ACK- viestillä, ja näin saadaan todettua, että moduuli on toiminnassa ja valmiina viestiliikenteeseen.

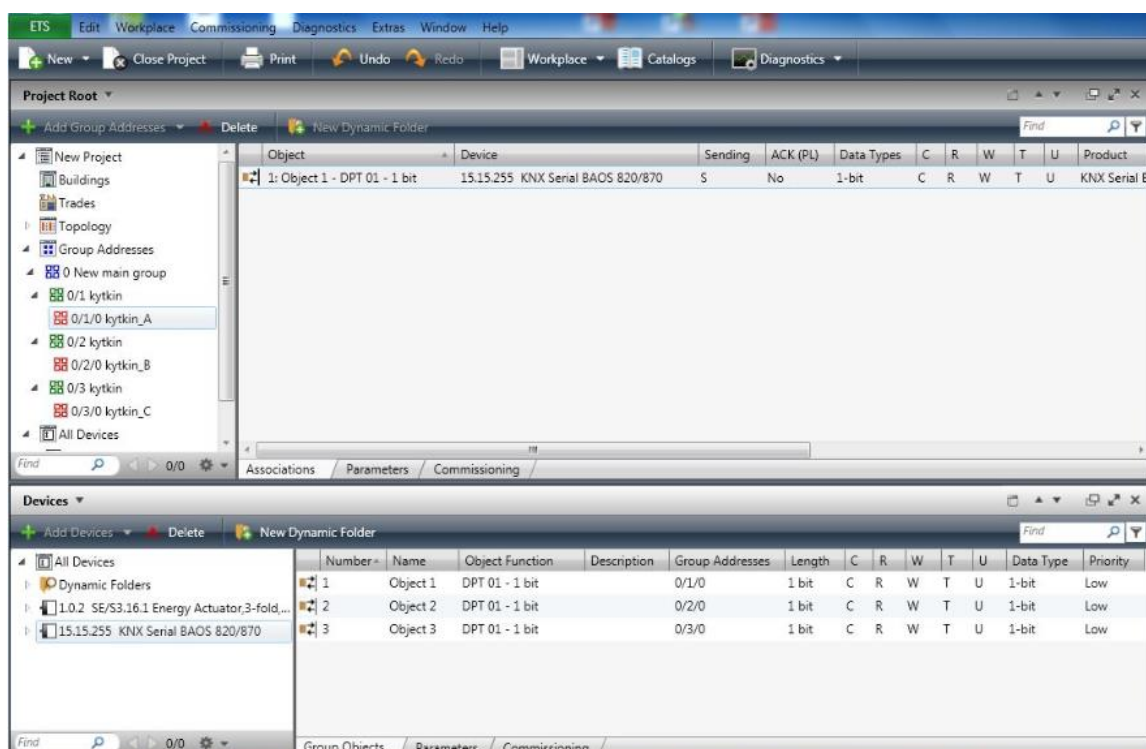
Seuraavana vaiheena oli testata BAOS-moduulin ja KNX-väylän välistä viestiliikennettä. Viestiliikennettä testattiin lähettämällä kyselyviesti, jolla kysytään kaikkien moduulin yhteydessä olevien laitteiden ominaisuudet. Yrityksistä huolimatta viestiyhteyden luominen KNX-väylään ei onnistunut. Ongelmaa lähdettiin selvittämään tutkimalla moduulille lähetettävää viestiä. Lähetettävän viestin sanomakehys tarkistettiin, ja viestiä tutkittiin oskilloskoopilla. Kaikki näytti olevan näiltä osin kunnossa. Tarkemmalla tutkinnalla moduulin valmistajan internetsivuilta löytyi moduulille Windows-sovellus (KNX BAOS Client Application). Sovelluksella pystyi ohjaamaan moduulia sarjaportin kautta. Ohjelmalla voitaisiin myös poissulkea viestin lähetyksessä tapahtuva virhe. Tietokoneen RS-232-sarjaporttia ei voinut kuitenkaan suoraan kytkeä moduuliin. Mikrokontrollerin ja tietokoneen sarjaväylien linjatasot poikkeavat toisistaan, joten tarvitaan tasomuunnin sarjaväylien väliin. Windows-sovelluksella testattaessa moduuli vastasi kyselyihin. Seuraavaksi tutkittiin Windows-sovelluksen lähettämää viestikehystä. Sovelluksen lähettämä viesti luettiin suoraan mikrokontrollerille, jolla sitä voitiin tar-

kastella tarkemmin. Viestirakenne osoittautui täysin identtiseksi mikrokontrollerilla lähetetyn viestin kanssa. Sarjaliikenteessä viiveet ovat oleellisessa asemassa, joten seuraavaksi tutkittiin viestien viiveitä. Mikrokontrollerin sekä Windows-sovelluksen lähettämät viestit tutkittiin oskilloskoopilla, jotta nähtäisiin, onko viestien viiveissä jotain eroa. Viestit olivat kuitenkin lähes identtiset oskilloskoopin kuvia verratessa. Eroa oli havaittavissa ainoastaan viestisignaalien jännitetasoissa. Erot johtuivat mikrokontrollerin ja tasomuuntimen käyttämistä jännitteistä, sillä tasomuunnin käyttää +5 V:n käyttöjännitettä ja mikrokontrolleri +3 V:n käyttöjännitettä. BAOS-moduuli on määritelty toimimaan +3,3 V – 5 V:n käyttöjännitteillä, joten tämän ei pitäisi olla ongelma. BAOS-moduulin käyttöjännitettä päätettiin kuitenkin laskea käyttämään samaa +3,3 V:n käyttöjännitettä kuin mikrokontrolleri. Moduulin käyttöjännitteen laskemisen ansiosta moduuli alkoi toimia mikrokontrollerilla ohjattuna.

Vaikka BAOS-moduuli vastasi KNX-väylään lähetettyihin viesteihin, vastausviestien datasiältö näytti kuitenkin pelkkää nollaa. Lyhyen tutkimisen jälkeen selvisi, että moduuli täytyy liittää KNX-järjestelmään erillisellä ohjelmalla. KNX-järjestelmän konfigurointi sekä se, millaisilla ohjelmilla tämä tulisi suorittaa, oli ennestään täysin tuntematonta. Työn tilaajalta oli saatavissa käytössä olevien laitteiden valmistajan konfigurointiohjelmaa. Laitevalmistajan Internet-sivuilta selvisi, että konfigurointi voidaan suorittaa joko i-bus Tool -ohjelmalla tai ETS 4 -ohjelmalla. I-bus Tool on KNX-väylien hallintatyökalu, jolla voidaan tutkia väylään liitettyjä laitteita. Yrityksistä huolimatta BAOS-moduulin konfigurointi ei onnistunut i-bus Tool -ohjelmalla. BAOS-moduuli näkyy ohjelmassa, mutta siihen ei voi tehdä muutoksia. Kävi ilmi, että ohjelma on tarkoitettu ainoastaan ohjelman tuottajan laitevalmistajan laitteille, joten sillä ei pysty konfiguroimaan BAOS-moduulia.

Seuraavaksi tutkittiin ETS 4 -ohjelman soveltuvuutta BAOS-moduulin konfigurointiin. ETS 4 -ohjelma on KNX-standardin ylläpitäjän tarjoama, laitevalmistajasta riippumaton KNX-järjestelmän suunnittelu- ja konfigurointiohjelma. Jotta ohjelma voi kommunikoida KNX-järjestelmän kanssa, täytyy tietokone liittää verkkokaapelilla LAN-sovittimeen. Tietokoneen verkkoasetuksiin tulee asettaa manuaalisesti sen LAN-sovittimen IP-osoite, johon yhteys luodaan. Aluksi ohjelma vaikutti todella haasteelliselta käyttää. Ohjelman käytön opettelussa auttoi huomattavasti käytössä oleva ETS 4 -ohjelman koulutusmateriaali. Yli 250 sivun mittaisessa koulutusmateriaalissa on kerrottu ohjelman käyttö sen asennuksesta lähtien. Ilman materiaalia ohjelman käyttö olisi ollut todella haastavaa tai jopa mahdotonta. Ohjelmalla luodaan projekti, missä luodaan KNX-järjestelmälle tietokanta. Tietokanta pitää sisällään kaikki järjestelmän laitteet, niiden ominaisuudet sekä toiminnallisuudet. Laitteet lisätään tietokan-

taan tuomalla ohjelmaan laitevalmistajalta saatava tuotetiedosto. Tuotetiedosto voi olla joko yksittäisen laitteen tai kokonaisten tuoteryhmien. Tuotetiedoston tietokantaan tuomisen jälkeen laite näkyy tietokannassa. Tämän jälkeen laite voidaan liittää järjestelmään ja sille voidaan määritellä sen toiminnallisuudet. Kuvassa 9 on esitetty ETS 4 -ohjelman näkymä, jossa BAOS-moduuli on lisätty tietokantaan, ja sille on määritelty toiminnallisuuksia. BAOS-moduuli liitettiin ohjelmalla kaikkiin käytössä oleviin laitteisiin, jotta näitä voitaisiin ohjailla moduulin kautta.



Kuva 9. Laitteiden liittäminen toisiinsa ETS 4 -ohjelmalla

Esimerkki laitteiden liittämisestä toisiinsa ETS 4 -ohjelmalla on esitetty kuvassa 9. Ylemmässä Project Root -ikkunassa vasemmalla näkyvät laitteet, jotka on määritelty järjestelmään. Oikealla puolella näkyy valitun laitteen yhteys, eli mihin laitteeseen se on liitetty ja mihin objektiin. Tässä tapauksessa kytkin\_A on liitetty BAOS-moduulin Object 1:een. Alemmassa Devices-ikkunassa näkyy BAOS-moduuli ja moduulin kaikki käytössä olevat objektit. Oikealla puolella näkyvät käytössä olevat objektit ja mihin laiteosoitteeseen ne on liitetty.

Kehitysympäristön toiminta testattiin vielä kokonaisuudessaan lähettämällä KNX BAOS Client Application -sovelluksella ohjausviestejä BAOS-moduulin kautta KNX-väylässä olevalle kytkinyksikölle. Oikeilla ohjausviesteillä voitiin vaihdella kytkinten asentoja. Mikrokont-

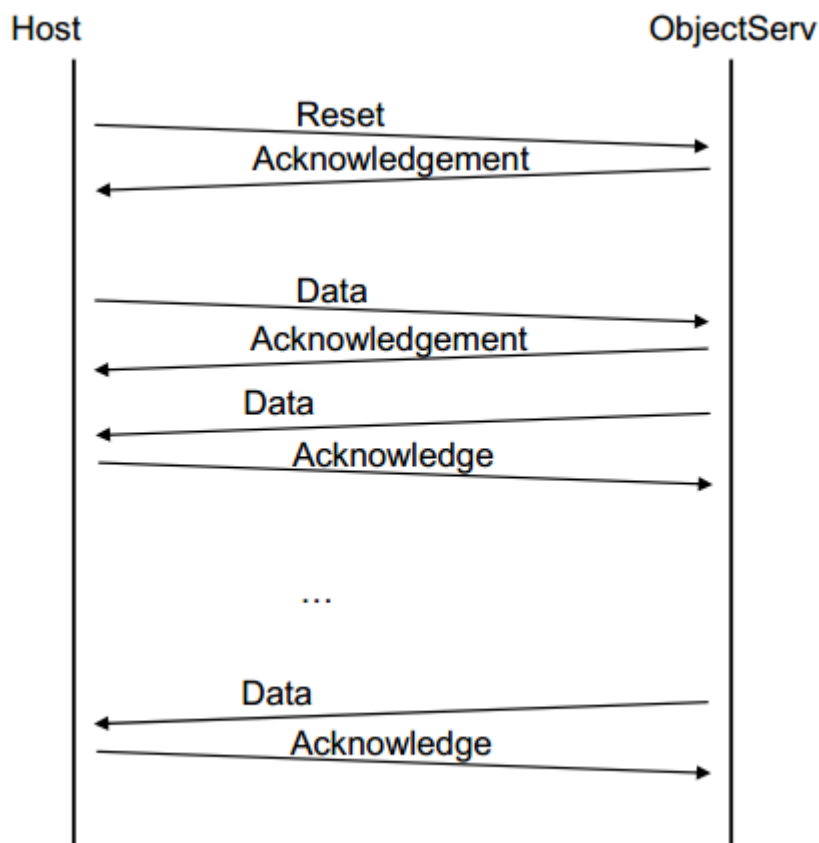
rollerilla lähetettiin myös ohjausviesti moduulin kautta väylään, jotta todettaisiin tiedonsiirron toiminta alusta loppuun. Voidaan todeta, että järjestelmä on täysin toimiva ja käyttökelpoinen ohjelman testaukseen.

#### 4.5 Viestiliikenteen luominen mikrokontrollerilla

Työn ohjelmallista toteutusta ei esitellä kokonaisuudessaan työn tilaajan pyynnöstä. Ohjelmallinen toteutus on tilaajayrityksen ydinosaa, ja näin ollen se ei ole julkista tietoa. Viestiliikenteen ohjelmallinen toteutus käydään läpi ainoastaan periaatteella.

Viestiliikenne käyttää aiemmin esiteltyjä ObjectServer- ja FT 1.2 -viestikehyksiä, jossa ObjectServer-viestikehys on yhdistetty FT 1.2 -viestikehykseen. Ennen varsinaisten kyselyviestien lähettämistä lähetetään BAOS-moduulille reset-viesti. BAOS-moduuli vastaa reset-viestiin ACK-viestillä, jolla moduuli ilmoittaa, että se on valmiina tiedonsiirtoon sekä on yhteydessä KNX-väylään. BAOS-moduuli ei vastaa mitään, jos moduuli ei saa yhteyttä väylään.

Reset-viestin jälkeen voidaan aloittaa varsinainen tiedonsiirto. BAOS-moduulille lähetetään kyselyviesti, johon moduuli vastaa. Moduuli lähettää vastaukseksi ensin ACK-viestin ja heti tämän perään kyselypyyntöä vastaavan vastausviestin. Kun mikrokontrolleri on vastaanottanut vastausviestin, lähetetään moduulille ACK-viesti kuittaukseksi viestin vastaanottamisesta. Tämän jälkeen voidaan tehdä uusi kysely moduulilta samalla periaatteella. Kuvassa kymmenen on esitetty mikrokontrollerin ja BAOS-moduulin välinen kommunikointimenettely.



Kuva 10. Mikrokontrollerin (Host) ja BAOS-moduulin (ObjectServ) välinen kommunikointimenettely [4.].

Kuten kuvasta 10 voidaan havaita, jokaisen vastaanotetun viestikehyksen jälkeen lähetetään kuittaukseksi ACK-viesti. Viestiliikenteen jatkumisen pituudella ei ole mitään maksimiaikaa. Viestiliikenteessä täytyy ottaa huomioon valmistajan määrittelemiä maksimi- sekä minimaikoja viestien välillä. ACK-viestin vastaanottaminen datan lähetyksestä ei saa kestää yli 30 ms eikä dataviestiä saa lähettää uudelleen alle 30 ms kuluessa edellisestä yrityksestä.

Jokaisessa viestikehyksessä lähetetään kontrollibitti, jolla seurataan onko viesti parillinen vai pariton sekä sitä, mistä viesti on lähetetty. Kaikilla parittomilla mikrokontrollerilta reset-viestin jälkeen lähetetyillä viesteillä kontrollibitti on 0x73H. Mikrokontrollerilta lähetetyillä parillisilla viesteillä kontrollibitti on 0x53H. Vastaavasti BAOS-moduulilta lähetetyillä parittomilla viesteillä kontrollibitti on 0xF3H sekä parillisilla viesteillä 0xD3H. Viestin lähetyksessä pidetään yllä tietoa siitä, onko seuraava lähetettävä viesti parillinen vai pariton.

BAOS-moduuli sisältää viestin virheen tarkistuksen. Jos moduuli ei pysty tulkitsemaan viestiä oikein tai tulee ristiriitoja, moduuli lähettää vastaukseksi virheviestin. Virheviesti on muodol-

taan samanlainen kuin lähetetty kyselyviesti, jonka datakentän loppuun on lisätty virhekoodin sisältävä tavu. Taulukossa 1 on esitetty kaikki 11 käytössä olevaa virhekoodia sekä näiden selitykset.

Taulukko 1. BAOS-protokollan virhekoodien selitykset [4.]

Error code	Description
0	No error
1	Internal error
2	No item found
3	Buffer is too small
4	Item is not writeable
5	Service is not supported
6	Bad service parameter
7	Wrong datapoint ID
8	Bad datapoint command
9	Bad length of the datapoint value
10	Message inconsistent

## 5 TYÖN TULOKSET

Työn aikana saatiin paljon tietoa KNX-järjestelmän toiminnasta sekä rakenteesta. KNX-järjestelmän väylätekniikka tuli myös tutuksi. Ensivaikutelma KNX-järjestelmästä on, että se on hyvin yksinkertainen ja helppo toteuttaa. Näin toki on, jos ajatellaan järjestelmää käyttäjän ja sähköasentajan näkökulmasta. Mitä syvällisemmin järjestelmään perehtyy, sitä monimutkaisemmalta se kuitenkin vaikuttaa. Esimerkiksi sähkösuunnittelijan tulee tietää hyvin paljon enemmän järjestelmän tekniikasta, sekä tulee hallita erilaisia järjestelmän suunnitteluohjelmistoja.

Työn tuloksena saatiin toteutettua liityntärajapinta KNX-väylään, jotta siihen voidaan liittää omia sovelluksia. Rajapinnan avulla voidaan mikrokontrollerilla ohjata väylässä olevia laitteita. Rajapintaa voidaan käyttää lähes kaikenlaisten sovellusten liittämässä väylään. Käytännön etuna tällaisen rajapinnan toteutuksessa on sertifiointivapaus väylään liitettävillä laitteilla. Tämä etu saavutettiin käyttämällä valmista sertifioitua väyläliityntämoduulia, jonka kautta KNX-väylään liitettiin.

Käytettäessä valmista liityntämoduulia saavutetaan huomattavia säästöjä sertifiointista sekä suunnittelun vapautta uutta laitetta suunniteltaessa. Uuden laitteen suunnittelussa ei enää tarvitse kiinnittää huomiota sertifiointin tuomiin vaatimuksiin. Laitteiden markkinoille tuonti nopeutuu, koska jokaista uutta laitetta ei tarvitse sertifioida erikseen.

Rajapinnan fyysisen järjestelmän pystyy rakentamaan hyvinkin pieneen tilaan, mikä helpottaa jatkokäyttöä. Tämän vuoksi järjestelmä on helppo sulauttaa olemassa oleviin sovelluksiin. Järjestelmän avulla voidaan olemassa olevat sovellukset liittää KNX-väylään, jonka kautta näitä voidaan ohjata.

Työn tuloksena toteutettua rajapintaa on helppo lähteä jatkokehittämään erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tarvittaessa järjestelmää on mahdollista kehittää siten, että koko järjestelmä sulautetaan yhdelle mikrokontrollerille. Ohjelmallisesti sulauttaminen kuitenkin vaatii paljon syvempää tietämystä KNX-pinon toiminnasta ja rakenteesta. Sulauttaminen yhdelle mikrokontrollerille kuitenkin vaatii, että järjestelmä sertifioidaan uudeksi laitteeksi. Jatkokehitystä ajatellen ainoa rajoittava tekijä voi olla mikrokontrollerin ominaisuudet, joita tarvitaan ohjaamaan liitettävää sovellusta. Rajapinnan ohjelmallinen toteutus on kuitenkin mahdollista

toteuttaa lähes kaikilla mikrokontrollereilla, joissa on sarjaliikenne mahdollisuus ja tarpeeksi muistia.

Työn toteutusvaiheessa kävi ilmi, että ongelmatilanteissa ei kannata jäädä liian kauaksi aikaa miettimään ratkaisua. Näissä tilanteissa on parempi välillä keskittyä jonkin muun osan tekemiseen ja lähestyä ongelmaa myöhemmin uudesta näkökulmasta. Kannattaa ottaa myös huomioon, että epätodennäköisinkin vaihtoehto on vaihtoehto ja voi ratkaista ongelman.



## 6 YHTEENVETO

Kirjallisessa osassa perehdyttiin rakennusautomaatiossa käytettävän KNX-väylän toimintaan ja rakenteeseen sekä mahdollisuuksiin ohjata väylää ulkoisella sovelluksella. Rakennusautomaatio on tulossa yhä enemmän käyttöön myös tavallisissa asuinrakennuksissa. Väyläratkaisulla toteutetuissa sähköjärjestelmissä saavutetaan huomattavia etuja muunneltavuudessa ja järjestelmän valvonnassa verrattuna perinteisiin sähköjärjestelmiin. Väyläratkaisulla toteutetut sähköjärjestelmät tulevat luultavasti syrjäyttämään lähes kokonaan perinteiset sähköjärjestelmät asuinrakennuksissa ja sitä isommissa kohteissa.

KNX-väylä on standardoitu väyläratkaisu, joten siihen ei saa liittää laitteita, joita ei ole sertifioitu täyttämään standardin vaatimuksia. Tämän vuoksi työssä käytiin läpi erilaisia vaihtoehtoja valmiiksi sertifioituista liityntämoduuleista. Valmiit liityntämoduulit helpottavat huomattavasti laitteiden liittämistä väylään, ja tuovat säästöjä, kun laitemäärät ovat suhteellisen pieniä.

Insinöörityön varsinaisena tavoitteena oli toteuttaa järjestelmä, jonka avulla voidaan ohjata KNX-väylän laitteita mikrokontrollerilla. Työn toimeksianto vaikutti erittäin mielenkiintoiselta sekä haastavalta. Haastavuutta toi KNX-järjestelmän täysi ennalta tuntemattomuus sekä KNX:stä saatavilla olevan tiedon rajallisuus. Rajapinta saatiin toteutettua viestiliikenteen toimivuuden osalta. Työn ohjelmallista osaa jatketaan vielä tämän kirjallisen osuuden jälkeen eteenpäin, jatkokäyttöä varten Sensire Oy:n tuotteissa.

Työssä toteutettua rajapintaa voidaan hyödyntää lähes kaikissa KNX-väylää käyttävissä järjestelmissä. Rajapintaa on mahdollista lähteä kehittämään kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivaksi. Rajapinta sopii tähän erinomaisesti sen muokattavuuden ja sertifioinnin vuoksi. Eräs jatkokehitysmahdollisuus on rajapinnan toteuttaminen yhdellä mikrokontrollerilla ilman väyläliityntämoduulia. Tämä vaatii kuitenkin laitteen sertifioinnin.

## LÄHTEET

1. KNX.fi, KNX kuluttajille [WWW-dokumentti]  
<<http://www.knx.fi/index.php?k=220418>> (Luettu 28.2.2013)
2. KNX.org, Standardisation [WWW-dokumentti] <<http://www.knx.org/knx-standard/standardisation/>> (Luettu 5.3.2013)
3. Saksan sähkötekni- sen teollisuuden ja elektroniikkateollisuuden keskusjärjestö ry sekä Saksan elektro- ja tietotekniikan ammattikunnan keskusjärjestö. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin, KNX peruseräkirja. Frankfurt 2006. Käännös KNX Finland ry. 5. Painos.
4. KNX BAOS ObjectServer. [PDF-dokumentti]  
<[http://www.weinzierl.de/download/development/82x/KNX\\_BAOS\\_Protocol.pdf](http://www.weinzierl.de/download/development/82x/KNX_BAOS_Protocol.pdf)> (Luettu 12.3.2013)
5. Weinzierl.de, KNX BAOS Module 820 [WWW-dokumentti]  
<<http://www.weinzierl.de/en/development/820.html> luettu> (Luettu 8.3.2013)
6. Research of KNX Device Node and Development Based on the Bus Interface Module. 2010. [PDF-dokumentti] Saatavilla IEEE-tietokannasta:  
<<http://www.kajak.fi/suomeksi/Kirjasto/E-aineistot>> (Luettu 28.2.2013)